



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 49 739 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 04 R 25/00**  
H 04 R 3/00

⑳ Aktenzeichen: 198 49 739.3  
㉔ Anmeldetag: 28. 10. 1998  
㉕ Offenlegungstag: 31. 5. 2000

**DE 198 49 739 A 1**

㉚ Anmelder:  
Siemens Audiologische Technik GmbH, 91058  
Erlangen, DE

㉛ Vertreter:  
Zedlitz, P., Dipl.-Inf.Univ., Pat.-Anw., 80331  
München

㉜ Erfinder:  
Fischer, Eghart, 91126 Schwabach, DE

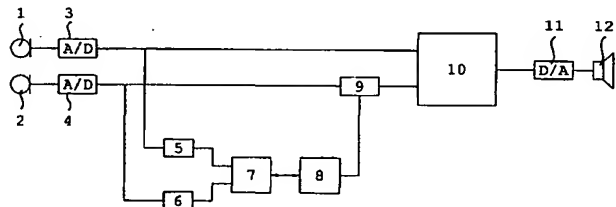
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 43 27 901 C1  
DE 26 30 958 B2  
DE 296 10 008 U1  
US 47 51 738  
EP 08 48 573 A2  
EP 05 79 152 A1  
EP 04 66 676 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Adaptives Verfahren zur Korrektur der Mikrofone eines Richtmikrofonsystems in einem Hörgerät sowie Hörgerät**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Hörgerät mit einem Lautsprecher (12), einer Signalverarbeitungseinheit (10) und mindestens zwei Mikrofonen (1, 2) zur Bildung eines Richtmikrofonsystems. Um eine unerwünschte Verfälschung der Richtmikrofoncharakteristik durch nicht aufeinander abgestimmte Mikrofone (1, 2) zu vermeiden, werden Kennwerte der Signale beider Mikrofone (1, 2) über das Vergleichselement (7), das Regelelement (8) und das Stellelement (9) erfaßt, bei Abweichung aneinander angeglichen.



**DE 198 49 739 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Hörgerät mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 11.

Als Stand der Technik sind Hörgeräte mit z. B. aus zwei Mikrofonen bestehenden Richtmikrofonsystemen bekannt, bei denen die einzelnen Mikrofone zur Erzielung einer guten Richtwirkung in ihren Kennwerten (z. B. Amplitudengang) auf einander abgestimmt und gemeinsam im Hörgerät verbaut werden. Etwaige verbleibende Abweichung der Kennwerte der Mikrofone voneinander werden durch Trimmwiderstände ausgeglichen.

Bei derartigen Hörgeräten können im Verlauf der Lebensdauer z. B. durch Alterung, Umwelteinflüsse oder auch durch anatomische Eigenheiten des Benutzers auftretende Abweichungen der Kennwerte der Mikrofone des Richtmikrofonsystems nicht berücksichtigt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Hörgerät mit Richtmikrofonsystem sowie ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Hörgeräts anzubieten, bei denen eine Abweichung von Kennwerten der Mikrofone des Richtmikrofonsystems und damit eine Verschlechterung der Richtwirkung vermieden wird.

Die Aufgabe wird für das Hörgerät durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhaftige Ausführungsformen des Hörgeräts werden durch die Unteransprüche 2-10 realisiert. Für das Verfahren wird die Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 11 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst. Vorteilhafte Verfahrensvarianten werden in den Unteransprüchen 12-15 beschrieben.

Wenn Kennwerte (z. B. Amplitudengang, Phasengang) der Signale der Mikrofone des Richtmikrofonsystems des erfindungsgemäßen Hörgeräts voneinander abweichen und damit die Richtwirkung unerwünscht beeinträchtigt würde, wird dies durch das erfindungsgemäße Vergleichselement durch Kennwertvergleich (z. B. durch Differenzbildung der Signale) festgestellt. Über einen im Regelement ablaufenden Regelprozeß werden Korrekturfaktoren ermittelt, wodurch die Kennwerte der Signale mindestens eines Mikrofons verändert und an die Kennwerte des anderen oder der anderen Mikrofone angeglichen werden.

Als Ergebnis des Regelprozesses sind die Kennwerte der Mikrofonsignale wieder aneinander angeglichen, so daß die durch das Vergleichselement festgestellte unerwünschte Beeinträchtigung der Richtmikrofoncharakteristik behoben wurde und die Mikrofonsignale in der Signalverarbeitungseinheit des erfindungsgemäßen Hörgeräts verarbeitet werden können.

Diese adaptive Angleichung der Mikrofonkennwerte findet laufend während des Betriebs des erfindungsgemäßen Hörgeräts statt.

In einer vorteilhaften Ausführungsform werden die Mikrofonsignale vor der Zuführung zum Vergleichselement gefiltert, um weitgehend unabhängig von der vorliegenden Umgebungsschallsituation eine praktisch isolierte Ermittlung der Mikrofonkennwerte und damit etwaiger abweichender Mikrofoncharakteristiken ermitteln zu können.

Vorteilhafterweise werden hierzu Tiefpaßfilter, z. B. Chebychev Typ I-Filter, verwendet, um besonders bei mittleren oder höheren Frequenzen auftretende Laufzeitunterschiede zwischen den einzelnen Mikrofonen des Richtmikrofonsystems zu unterdrücken.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform können auch einstellbare Bandfiltersysteme verwendet werden.

In einer digitalen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Hörgeräts sind A/D-Wandler den Mikrofonen des Richtmikrofonsystems nach- und dem Vergleichselement vorgeschaltet.

Insbesondere bei einem digitalen Hörgerät kann das Stillelement zur Angleichung der Kennwerte der Mikrofonsignale als programmierbares EDV-Modul ausgebildet sein und z. B. in den EDV-Teil der Signalverarbeitungseinheit integriert sein. Bei einem digital ausgeführten erfindungsgemäßen Hörgerät müssen demnach keine einzulötenden Trimmwiderstände in diskreter Bauweise verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Stillelement kann nun die Kennwerte der Mikrofonsignale und damit die Mikrofonsignale in einem oder mehreren Mikrofonsignalpfaden simultan oder sukzessive verändern. Im einfachsten Fall eines Richtmikrofonsystems mit zwei Mikrofonen wird das Stillelement in einem Mikrofonsignalpfad angepaßt, um eine durch das Vergleichselement festgestellte Abweichung der Kennwerte der Mikrofone durch Angleichung eines Mikrofonsignals zu beseitigen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann sich das Stillelement in demjenigen Mikrofonsignalpfad befinden, der gerade aufgrund der eingestellten Richtmikrofoncharakteristik nicht verwendet wird. Durch das fortlaufend arbeitende Vergleichselement und damit auch das fortlaufend korrigierende Stillelement kann jedoch im Hintergrund ein ständiger Mikrofonabgleich erfolgen, so daß bei Zuschaltung des im Moment inaktiven Mikrofonsignalpfades ohne Zeitverzögerung ein bereits vollzogener Abgleich der Mikrofone vorliegt.

Vorteilhafterweise besitzt das erfindungsgemäße Hörgerät ein Speicherelement zur Abspeicherung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Mikrofonsignale, so daß in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerädetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) bereits vorab, also auch ohne oder parallel zu einer Aktivität des Vergleichselements eine korrigierende Angleichung der Mikrofonkennwerte durch Eingabe der abgespeicherten Korrekturfaktoren ins Stillelement erfolgen kann. Eine zusätzliche Feinkorrektur kann dann innerhalb besonders kurzer Zeit durch die Arbeit des Vergleichs- und des Stillelements erreicht werden.

Dabei können die Umgebungssituation und der momentane Status der Hörgerätedaten durch externe und interne Erfassungselemente an das Speicherelement weitergegeben werden. Durch ein Entscheidungselement kann dann in Abhängigkeit von den dem Speicherelement vorliegenden Daten entschieden werden, welche der abgespeicherten Korrekturfaktoren verwendet werden, so daß in Abhängigkeit von typisierten Statussituationen der Hörgerätedaten und Umgebungsdaten eine Vorabkorrektur und Angleichung der Mikrofonkennwerte erfolgen kann.

Das erfindungsgemäße Hörgerät kann als lernendes System ausgebildet sein und neue Hörgerätedaten und Umgebungsdaten in typisierter Form aufnehmen und aktualisieren.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden Kennwerte (z. B. Amplitudengang, Frequenzgang) der Signale der Mikrofone eines Richtmikrofonsystems erfaßt und bei Abweichung kontinuierlich aneinander angeglichen. Damit wird eine Verschlechterung der Richtwirkung des Richtmikrofonsystems vermieden.

Zunächst werden dabei die Kennwerte der Signale ermittelt und miteinander verglichen, um danach bei einer festgestellten erheblichen Abweichung, wobei der Grad der Erheblichkeit einstellbar ist, aneinander angeglichen zu werden. Als Ergebnis werden die Signale aneinander angepaßt.

ter und aufeinander abgestimmter Mikrofone verarbeitet, so daß eine unverfälschte Richtwirkung auftritt.

Die Anpassung der ermittelten und voneinander abweichenden Kennwerte kann dadurch erfolgen, daß schrittweise einer der Kennwerte mit einem Korrekturfaktor beaufschlagt wird und danach ein nochmaliger Vergleichsschritt stattfindet, um festzustellen, ob eine Annäherung an den oder die anderen Kennwerte stattgefunden hat. Falls dies der Fall ist, kann der genannte Korrekturfaktor nochmals verwendet werden, andernfalls kann das Vorzeichen oder die Schrittgröße des Korrekturfaktors verändert werden, um zügiger eine Angleichung zu erreichen.

In Abhängigkeit von Hörerätedaten (z. B. Hörerätetyp, Alter des Höreräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) können abgespeicherte Korrekturfaktoren voreingestellt werden. Ein Feinabgleich der Kennwerte der Signale der verschiedenen Mikrofone kann dann über die beschriebene Verfahrensprozedur mittels Vergleichs-/Regel- und Stellelementen erfolgen. Insgesamt kann sich somit eine gemischte Mikrofonkorrektur ergeben, die einerseits auf geeigneten Korrekturfaktoren aufbaut und zusätzlich eine verbleibende Abweichung durch das beschriebene Regelverfahren schließt.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnungsfigur näher erläutert. In dem abgebildeten Prinzipschaltbild besitzt das Hörgerät ein Richtmikrofonsystem mit den beiden Mikrofonen 1, 2, deren Mikrofonsignale nachgeordnete A/D-Wandler 3, 4 durchlaufen, um danach über Filterelemente 5, 6 dem Vergleichselement 7 zugeführt zu werden.

Im Vergleichselement 7 findet ein Vergleich von Kennwerten der abgezweigten Signale der Mikrofone 1, 2 statt. Hier kann z. B. eine Differenz zwischen den beiden Mikrofonsignalen gebildet werden oder es können die Signale statistisch ausgewertet werden. Falls eine Abweichung bei der Differenzbildung auftritt, wird somit zunächst festgestellt, daß die Kennwerte der Signale der Mikrofone 1, 2 (z. B. die Amplituden- oder Frequenzgänge) nicht aufeinander abgestimmt sind und somit ein Abstimmungsbedarf besteht.

Daraufhin startet ein im Regelement 8 stattfindender Angleichungsprozeß, der z. B. durch Zuschlag oder Abzug von Korrekturfaktoren eine Angleichung der beiden voneinander abweichenden Kennwerte der Mikrofonsignale der Mikrofon 1, 2 erzielt.

Im vorliegenden Fall wird das Signal des Mikrofons 2 schrittweise durch Korrekturfaktoren verändert, so daß die Kennwerte des Signals des Mikrofons 2 an die Kennwerte des Signals des Mikrofons 1 herangeführt werden.

Nach jedem Regelvorgang im Regelement 8 erfolgt eine neue Abstimmung im Vergleichselement 7, um festzustellen, ob sich die anfangs festgestellte Abweichungslücke geschlossen hat. Erst wenn dies der Fall ist, erhält das Stellelement 9 den ermittelten optimalen Korrekturfaktor, um im Signalpfad des Mikrofons 2, also zwischen Mikrofon 2 und Signalverarbeitungseinheit 10, das Signal des Mikrofons 2 entsprechend zu verändern.

Letztendlich werden dann nach erfolgreichem Abgleich der Mikrofon 1, 2 in der Signalverarbeitungseinheit 10 die Signale nun aufeinander abgestimmter Mikrofone 1, 2 verarbeitet, um über den D/A-Wandler 11 dem Lautsprecher 12 zugeführt zu werden.

Konkret kann das Mikrofon 1 nach hinten und das Mikrofon 2 nach vorne gerichtet sein. Bei ausschließlich von der Seite auftreffendem Schall treten keine Laufzeitunterschiede zu den Mikrofonen 1, 2 auf, so daß die Signale der Mikrofone 1, 2 identisch sein müßten. Wenn in einem derartigen Fall über das Vergleichselement 7 dennoch eine Abweichung der Signale der Mikrofone 1, 2 detektiert wird, so

liegt dies mit hoher Wahrscheinlichkeit an den unterschiedlichen Charakteristiken der Mikrofone 1, 2. Durch den daraufhin einsetzenden Regelungs- und Vergleichsprozeß im Regelungsselement 8 und im Vergleichselement 7 wird diese Abweichung durch Ermittlung eines optimalen Korrekturfaktors beseitigt.

Der optimale Korrekturfaktor wird über das Stellelement 9 dem Signalpfad des Mikrofons 2 zugeführt, so daß die Abweichung der Charakteristik des Mikrofons 2 vom Mikrofon 1 beseitigt wird.

Über die insbesondere als Tiefpaßfilterelemente 5, 6 kann der ständig stattfindende Abgleich der Mikrofone 1, 2 unabhängig von der jeweiligen Schallsituation erfolgen, da durch die im Vergleichselement 7 betrachteten tieffrequenten und langwelligen Signalanteile der Mikrofone 1, 2 etwaige Laufzeitunterschiede zu den Mikrofonen 1, 2 in den Hintergrund treten und etwaige unterschiedliche Mikrofoncharakteristiken 1, 2 – welche es ja zu beseitigen gilt – im Vordergrund stehen und damit detektiert und behandelt werden können.

In der Signalverarbeitungseinheit 10 kann auch ein Speicherelement (nicht abgebildet) angeordnet sein, indem bereits vorab Korrekturfaktoren zur Kennwertkorrektur voneinander abweichender Mikrofonkennwerte abgespeichert sind. Wenn das erfindungsgemäße Hörgerät nun über Empfangselemente (nicht abgebildet) Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) oder Hörerätedaten (z. B. Hörerätetyp, Alter des Höreräts) erfaßt, können nun direkt oder in Zusammenarbeit mit einem Entscheidungselement (nicht abgebildet), welches auch in der Signalverarbeitungseinheit 10 angeordnet sein kann, geeignete Korrekturfaktoren vorab in das Stellelement 9 eingegeben werden.

Derartige Korrekturfaktoren werden dann auch an das Vergleichselement 7 und das Regelement 8 weitergegeben. Falls dann dennoch weiterhin ein Regelungsbedarf besteht, da durch das Vergleichselement 7 weiterhin eine Abweichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone 1, 2 festgestellt wird, kann zusätzlich zu den bereits voreingestellten Korrekturfaktoren im Stellelement 9 ein zusätzlicher Korrekturfaktor durch das Zusammenwirken von Vergleichselement 7 und Regelement 8 in das Stellelement 9 eingegeben werden.

Durch die Voreingabe von geeigneten Korrekturfaktoren aus dem Speicherelement kann eine schnellere Angleichung der Mikrofoncharakteristiken erfolgen, als dies durch ein reines Regelungs- und Vergleichsverfahren in Vergleichselement 7 und Regelement 8 der Fall sein könnte.

Wenn nun das erfindungsgemäße Hörgerät aufgrund der eingestellten Richtmikrofoncharakteristik allein mit dem Mikrofon 1 betrieben wird (also omnidirektional), kann trotz der momentanen Inaktivität des Signalpfads des Mikrofons 2 eine laufende Angleichung der Mikrofone 2, 1 erfolgen, obwohl das Mikrofon 2 zur Zeit keine signalverarbeitenden Daten für die Signalverarbeitungseinheit 10 aufnimmt.

Durch eine derartige Mikrofonadaption im Hintergrund kann bei erneuter Aktivierung des Mikrofons 2 bereits ohne Zeitverlust auf abgegliche Mikrofone 1, 2 zurückgegriffen werden.

#### Patentansprüche

1. Hörgerät mit einem Lautsprecher, einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen zur Bildung eines Richtmikrofonsystems, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Vergleichselement (7) zur Ermittlung einer Abweichung von Kennwerten, insbe-

sondere des Amplitudengangs, der Signale der Mikrofone (1, 2) sowie ein Regelement (8) und ein Stellelement (9) zur Angleichung voneinander abweichender Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) durch Korrektur mindestens eines Signals eines Mikrofons (1, 2) vorgesehen sind.

2. Hörgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Filterelemente (5, 6) zur Filterung der dem Vergleichselement (7) zugeführten Signale der Mikrofone (1, 2) vorgesehen sind.

3. Hörgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Filterelemente (5, 6) Tiefpaßfilter sind.

4. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß A/D-Wandler (3, 4) den Mikrofonen (1, 2) nach- und dem Vergleichselement (7) vorgeschaltet sind.

5. Hörgerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) als programmierbares EDV-Modul ausgebildet ist.

6. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) einzelnen Signalfaden der Mikrofone (1, 2) zur Beeinflussung der jeweiligen Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) zuschaltbar ist.

7. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement (9) dem Signalfaden eines aufgrund der eingestellten Richtcharakteristik im Moment inaktiven Mikrofons (1, 2) zuschaltbar ist.

8. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Speicherelement zur Abspeicherung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen ist.

9. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-8, dadurch gekennzeichnet, daß Empfangselemente zur Erfassung von Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen sind.

10. Hörgerät nach einem der Ansprüche 1-9 dadurch gekennzeichnet, daß ein Entscheidungselement zur Bestimmung von Korrekturfaktoren für die Kennwerte der Signale der Mikrofone (1, 2) in Abhängigkeit von Hörgerätedaten (z. B. Hörgerätetyp, Alter des Hörgeräts) oder Umgebungsdaten (z. B. Anatomie des Benutzers, Umgebungsschallsituation) vorgesehen ist.

11. Verfahren zum Betrieb eines Hörgeräts mit einem Lautsprecher, einer Signalverarbeitungseinheit und mindestens zwei Mikrofonen zur Bildung eines Richtmikrofonsystems, insbesondere zum Betrieb eines Hörgeräts nach einem der Ansprüche 1-10, dadurch gekennzeichnet, daß Kennwerte von Signalen der Mikrofone erfaßt und zur Abstimmung der Mikrofone kontinuierlich aneinander angeglichen werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennwerte der Signale der Mikrofone z. B. durch Differenzbildung miteinander verglichen und durch Regelung aneinander angeglichen werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ermittlung der Abweichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone ein Korrekturfaktor zur schrittweisen Anpassung der Kennwerte der Signale aneinander ermittelt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11-13, dadurch gekennzeichnet, daß bei der schrittweisen Anpassung eine Auswahl der Schrittgröße und Schrittichtung erfolgt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8-14, dadurch gekennzeichnet, daß in Abhängigkeit von Hörgerätedaten und Umgebungsdaten eine Entscheidung über die Einstellung von Korrekturfaktoren zur Angleichung der Kennwerte der Signale der Mikrofone erfolgt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

